

металл,  $A'$  — редкоземельный металл и  $B$  — трехвалентный металл. Преимущество использования протонпроводящих сложнооксидных материалов заключается в возможности снижения рабочих температур (до 300–500 °С) при сохранении высокой ионной ( $O^{2-}$ ,  $H^+$ ) проводимости.

В предыдущих исследованиях в качестве протонных проводников были изучены монослойные перовскиты  $AA'BO_4$  ( $n = 1$ ), такие как  $BaNdScO_4$ ,  $SrLaInO_4$  и другие составы на их основе. Недавно была открыта фаза  $BaLaInO_4$  со структурой Раддлсдена — Поппера, представляющая новый класс протонных проводников. Исследования показали, что донорное и акцепторное допирование катионных подрешеток увеличивает протонную и кислородно-ионную проводимость вплоть до 1,5 порядка. Таким образом, проведение изовалентного замещения катионной подрешетки  $BaLaInO_4$  имеет большое значение для более глубокого понимания протонного транспорта в подобных структурах.

В данном исследовании проведено изовалентное допирование  $Ba$ -подрешетки  $BaLaInO_4$  ионами  $Sr^{2+}$ , проведена рентгенофазовая аттестация образцов и изучены их физико-химические свойства, включая возможность интеркаляции воды и протонного переноса.

---

## Показатель эффективности работы твердооксидного электролизера

А. И. Голоднова<sup>1</sup>, М. В. Ерпалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН*

---

В данной работе рассматривается характеристика эффективности твердооксидного электролизера. Для ее оценки у таких устройств используется коэффициент полезного использования электрической энергии.

С точки зрения термодинамики для электролизеров, являющихся электрохимическими устройствами, коэффициент полезного использования электрической энергии представляет собой отноше-

ние энтальпии к изменению энергии Гиббса химических реакций в процессе электролиза  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$\eta_{\text{тд}} = \frac{\Delta H}{\Delta G},$$

где  $\Delta G$  — энергия Гиббса, а  $\Delta H$  — энтальпия химической реакции [1].

Оценку данного параметра проводили для электролизера, в котором получают синтез газ. При этом рассматривали случаи выхода продуктов с различным соотношением  $\text{H}_2/\text{CO}$  в диапазоне температур 700–850 °С. Результаты оценки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Значение коэффициента полезного использования электрической энергии для составов синтез газа с разным соотношением  $\text{H}_2/\text{CO}$**

№	Температура, °С	700	750	800	850
1	Коэффициент полезного использования электрической энергии при соотношении $\text{H}_2/\text{CO} = 2,35/1$	1,124	1,142	1,146	1,153
2	Коэффициент полезного использования электрической энергии при соотношении $\text{H}_2/\text{CO} = 2/1$	1,156	1,171	1,175	1,118

Следует отметить, что полученные результаты согласуются с данными, полученными Пальгугевым С. Ф. и Нейуминым А. Д., касательно того, что коэффициент полезного использования электрической энергии может превышать 1 [1]. Этот факт связан с тем, что затраты энергии складываются из низопотенциального тепла для электролиза топлива с высокопотенциальным теплом подводимым в электролизер [2]. Кроме того, наблюдается повышение коэффициента полезного использования электрической энергии в случае повышения содержания  $\text{H}_2$  в получаемом топливе, связано со снижением содержания воды на входе в электролизер, соответственно снижением затрат на ее разложение.

### Литература

1. Пальгугев С. Ф., Нейумин А. Д., Федин В. В. Получение водорода электролизом паров воды в электролизере с твердым электролитом // Физиче-

ская химия солевых расплавов и твердых электролитов : сб. ст. УНЦ АН СССР. 1978. № 26. С. 102.

2. *Перфильев М. В., Демин А. К., Кузин Б. Л., Липилин А. С.* Высокотемпературный электролиз газов. М., Наука, 1988. 288 с.

---

## **Обратимые электродные материалы на основе (La, Sr)FeO<sub>3-δ</sub>: совместимость с электролитным материалом на основе (La, Sr)(Ga, Mg)O<sub>3-δ</sub>\***

**Е. В. Гордеев<sup>1,2</sup>, Т. А. Кузнецова<sup>1</sup>, Д. А. Осинкин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН*

<sup>2</sup>*Уральский федеральный университет*

*им. первого Президента России Б. Н. Ельцина*

---

В качестве перспективной конструкции твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с точки зрения упрощения их производства все чаще рассматривается симметричный дизайн. Такая конструкция отличается от классической тем, что электродные слои полностью идентичны по химическому и фазовому составу. Поэтому электродные материалы должны быть стабильны в окислительной и восстановительной атмосферах, а также не взаимодействовать с электролитом во время эксплуатации. Было выдвинуто предположение, что для предотвращения взаимодействия между функциональными слоями электрохимических устройств и снижения негативного влияния диффузии катионов необходимо, чтобы все компоненты устройства имели близкий ионный состав. Целью настоящего исследования было определение химической совместимости электродного и электролитного материалов, наиболее перспективных для применения в симметричных ячейках при сближении их ионного состава.

---

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00040, <https://rscf.ru/project/24-19-00040/>